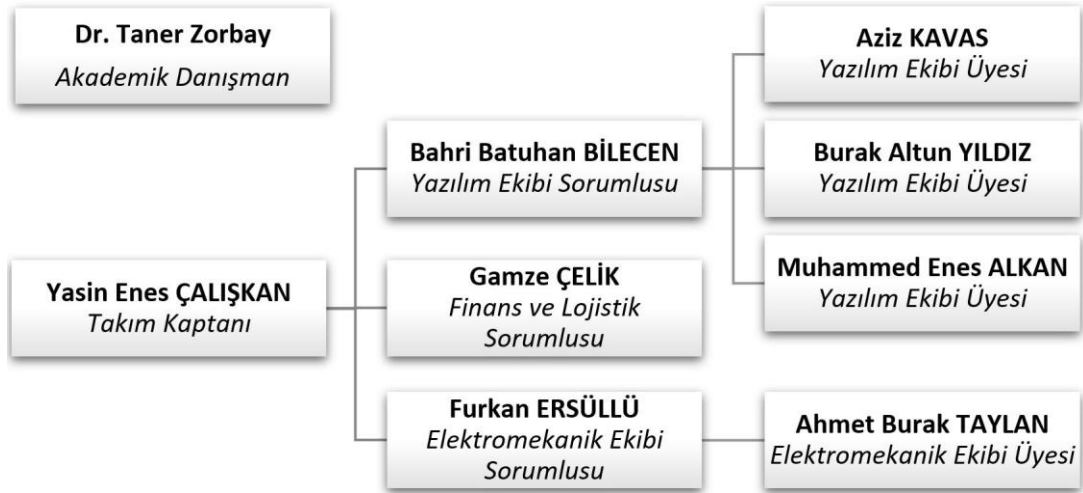


<b>TAKIM ADI: ALKAN İHA TAKIMI</b>
<b>ARAÇ TÜRÜ: DÖNER KANAT</b>
<b>ÜNİVERSİTE: ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ (ODTÜ)</b>
<b>TAKIM KAPTANI: YASİN ENES ÇALIŞKAN</b>

## 1. ORGANİZASYON ÖZETİ

### 1.1 Takım Organizasyonu

Alkan İHA Takımına ait organizasyon şeması ve üyelerin görev dağılımları Şekil 1’de verildiği gibidir. Takım üyelerinin tamamı ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden oluşmaktadır. Takımın akademik danışmanı Dr. Taner Zorbay, ODTÜ Tarih Bölümünde görev yapmakta olup ilgi ve tecrübesi doğrultusunda destek sağlamaktadır.



Şekil 1. Organizasyon Şeması.

### 1.2 İş Akış Çizelgesi

Tablo 1’de proje çalışmasına ait iş paketleri ve onlara ait zaman çizelgesi sunulmuştur.

Aylar/Haftalar	Şubat				Mart				Nisan				Mayıs				Haziran				Temmuz		
İş Paketi Adı/Tanımı	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Görev Analizi ve KTR'nin Hazırlanması																							
Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi																							
Ekipman Tercihi ve Maliyet Hesabı																							
Teknik Çizimler																							
Otopilot ve Görüntü İşleme Algoritmalarının Oluşturulması																							
Kontrol ve Güç Sistemleri Tasarımı																							
Görev Mekanizmasının Tasarlanması ve Hava Aracının Yapısal Montajı																							
Detaylı Tasarım Raporunun Hazırlanması																							
Uçuş Testleri ve Video Çekimi																							

Tablo 1. İş Akış Çizelgesi

## 2. KAVRAMSAL TASARIM

### 2.1 Görev için İHA Konfigürasyonu

Bu bölümde, İHA'nın gerçekleştireceği görevin optimizasyonu, sınır şartları, kurgu ve tasarımı ile hava aracı elemanlarına ait olası tipler ve seçim nedenleri verilmiştir.

İHA'nın gerçekleştireceği ilk görevde belirtilen rotanın otonom olarak takip edilmesi, ikinci görevde ise yine otonom olarak bir miktar suyun bilinen bir bölgeden İHA tarafından tespit edilecek bir bölgeye taşınması amaçlanmaktadır. Bu iki görevi yerine getirecek olan İHA'nın optimizasyon kriterleri ve ona bağlı belirlenen sınır şartları aşağıda listelenmiştir:

- Batarya, tüm uçuş süresi boyunca yeterli gücü sağlamalıdır.
- Olabildiğince az kütle ile düşük güç tüketimi yaparak gerekli itkiyi sağlayabilmelidir.
  - Toplam kütle yarışma kriterlerine uygun olarak 4 kg'ın altında olmalıdır.
  - Motorlar, güvenlik gereksinimleri ve manevra kabiliyeti göz önüne alındığında azami ağırlığın yaklaşık iki katı kadar itki sağlayabilmelidir.
- Toplam kütle hazneye alınan su sebebiyle değişkenlik göstereceği için kütle ile batarya güç tüketimi süresi arasında bir denge sağlanmalıdır.
  - 2.5'te yapılan itki hesaplarına uygun miktarda su taşınmalıdır.
- Havuzdan su alımında havuzla minimum temas gerçekleşmeli, süre minimum tutulmalıdır.
  - Su alım mekanizması, İHA ile havuz arasında belirli bir mesafeyi koruyarak çalışabilmeli ve mümkün olduğunca kısa sürede görevi tamamlamalıdır.

Bu sınır şartları altında göreve uygun hava aracı eleman tercihi yapılmış, tercih detayları ise 2.4'te açıklanmıştır. Ayrıca görevleri gerçekleştirecek İHA'nın adı ise **Saka** olarak belirlenmiştir.

**a. Uçuş Kontrol Kartı, Yazılımı ve Sensörler:** Yarışmada Saka'nın belirlenmiş rotada otonom olarak hareket ettirilmesi istenmiştir. Tablo 2'de, görevler için kullanılabilecek kartlar verilmiştir:

Kartlar	Sensörler	Kütle	İşlemci	Fiyat
Pixhawk 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• ST Micro L3GD20 3-axis 16-bit jiroskop</li><li>• ST Micro LSM303D 3-axis 14-bit IMU</li></ul>	60 g	<ul style="list-style-type: none"><li>• STM32F427 Cortex M4 core with FPU</li><li>• NuttX Real Time Operating System</li></ul>	1000 TL
Pixhawk Cube	<ul style="list-style-type: none"><li>• Üç adet IMU</li><li>• ST Micro L3GD20+LSM303D ya da InvenSense ICM2076xx (yedek IMU)</li><li>• İki adet MS5611 barometre</li></ul>	250 g	<ul style="list-style-type: none"><li>• 32ba STM32F427 Cortex-M4F® core with #CM20848) FPU</li><li>• 168 MHz/252 MIPS/256 KB RAM /2 MB Flash-32 bit</li><li>• STM32F103 failsafe co-processor</li></ul>	2500 TL
Emlid Navio 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• MPU9250 9DOF IMU</li><li>• LSM9DS1 9DOF IMU</li><li>• MS5611 Barometre</li><li>• U-blox M8N Glonass/GPS</li></ul>	77g	<ul style="list-style-type: none"><li>• (Raspberry Pi)</li><li>• 1.2 GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU</li><li>• 1GB RAM</li></ul>	1700 TL

*Tablo 2. Seçilen uçuş kontrol kartlarının karşılaştırması.*

Yaygın kullanımın sağladığı dinamiklikten ötürü seçilecek karta ait yazılımın açık kaynaklı olması tercih sebebi olarak büyük önem arz etmektedir. Aynı zamanda bu kart; GPS (Global Positioning System), jiroskop, ivmeölçer, manyetometre, barometre gibi sensörleri içermeli veya bu sensörlerle uyumlu olarak çalışabilmelidir. Bunun yanı sıra sayılan sensörlerin birlikte kullanılması da hassasiyet bakımından önemlidir.

Uçuş kontrol kartı olarak Navio2 tercih edilmemesinin sebebi teknik forumlarının yetersiz kalmasıdır. Pixhawk Cube ise gelişmiş sensörleri ve sensör sayısı bakımından diğer kartlardan üstün olmasına rağmen bütçemizi zorlamaktadır. Görevler için yeterli sensör sayısına ve işlemci gücüne sahip olmasından ötürü fiyat/performans ürünü olan *Pixhawk 1* tercih edilmiştir.

Uçuş kontrol kartı, sensörlerden elde ettiği verileri anlamlandırabilmek için bir uçuş kontrol yazılımına ihtiyaç duyar. PX4 ve ArduPilot; otonom uçuş modlarını destekleyen, Pixhawk ile uyumlu, açık kaynaklı ve dinamik uçuş kontrol yazılımlarıdır. Bu kategoride ise, PX4'e nazaran daha kullanıcı dostu olması sebebiyle *ArduPilot* yazılımının kullanılmasına karar verilmiştir.

Görevler gerçekleştirilirken konum bigisine ihtiyaç duyulmasından ötürü GPS kullanımı zorunludur. Bu sebeple Ublox-M6n gibi alt modellerine göre izleme ve yakalama hassasiyeti daha yüksek olan *Radiolink SE100 GPS* modülü tercih edilmiştir.

**b. RC (Radio Control) Kumanda ve Alıcı Modülü:** RC kumanda ve alıcı kullanımı, kalkışta ve uçuş esnasında manuel kontrol için zorunludur. Saka görevleri başarıyla gerçekleştirmek için en az 6 kanala ihtiyaç duymaktadır. Ancak ekstra kanallar, güvenlik önlemleri atayabilmek ve farklı uçuş modları ekleyebilmek açısından avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle fiyat/performans ürünü olan *10 kanallı 2.4GHz Flysky FS-i6X* kumanda ve kumandayla uyumlu *Flysky iA10B* alıcı tercih edilmiştir.

**c. Telemetri:** RC piyasasında yaygın olarak kullanılan *3DR 433 MHz Telemetri* seti tercih edilmiştir. 433MHz tercihinin sebebi ise Türkiye standartlarına uygun olmasıdır.

**d. Güç sistemi:** Görevleri yerine getirebilecek sürede bir uçuş için, alanında tecrübeli bir marka olan *Gens ACE'nin 6S1P, 6Ah, 35C LiPo bataryası* tercih edilmiştir. Batarya ile görev bilgisayarı arasına *Çift USB Çıkışlı 5V 3A Regülatör* yerleştirilerek görev bilgisayarının sabit voltajda zarar görmeden çalışması hedeflenmiştir.

**e. Motor ve pervane:** Motor ve pervaneler seçilirken en çok dikkat edilen unsurlar ihtiyaç duyulan itki miktarı ve verimliliğe bağlı uçuş süresidir.

Hava araçlarında kullanılan motorlar fırçalı ve fırçasız olarak ayrılmaktadır. Aşağıdaki tabloda fırçasız motorların fırçalılara göre avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

Avantajlar	Dezavantajlar
✓ Bakım ihtiyacının olmaması	X Uygun uçuş performansı için sınırlar doğru bir sıra ile senkronize uyarılmalıdır. Dolayısı ile bir motor sürücüsüne ihtiyaç vardır.
✓ Düşük tepki süresi	
✓ Uzun süreli, stabil performans	

*Tablo 3. Fırçasız motorların fırçalılara göre avantaj ve dezavantajları.*

Tablo 3'teki avantajlardan ötürü fırçasız motorlar tercih edilmiştir. İhtiyaç duyulan itki miktarı ve buna bağlı olarak uçuş süresi göz önünde bulundurulduğunda (bkz. 2.5) *Sunnysky X4108S 480Kv Fırçasız Motor* kullanılmasına karar verilmiştir.

Yeterli itkiyi elde etmek için pervane; motor kataloğuna uygun, 13x40'lık boyutta ve 2 palli olarak belirlenmiştir. Motor ve pervane için itki hesaplamaları 2.5'te detaylı olarak belirtilmiştir.

**f. ESC (Electronic Speed Controller):** Fırçasız motorların sürülebilmesi ve kontrol edilebilmesi için ihtiyaç duyulmaktadır. Motorun çalışabildiği maksimum ve minimum akım değerleri (bkz. 2.5) göz önüne alınarak *Hobbywing XRotor 40A Opto ESC* tercih edilmiştir.

## 2.2 Gövde ve Mekanik Sistemler

Bu bölümde, Saka'nın gövde ve mekanik sistemlerinin tasarımı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### a. Gövde

Dron şaseleri; yapı malzemelerine, boyutlarına ve kol sayılarına göre ayrılmaktadırlar.

Karbon fiber, alüminyum ve fiberglas gibi malzemeler hava araçlarında yaygın olarak kullanılır. Karbon fiber diğerlerinden daha dayanıklı olmasına rağmen işlenmesi maliyetlidir. Bu nedenle, yalnızca kollar için, kesim dışında işlem gerektirmeyen karbon fiber profiller tercih edilmiştir. Gövdenin ise malzeme maliyeti düşük olduğu ve üretimi kolay olduğu için 3 boyutlu (3D) yazıcı ile basılmasına ve hafifliğinden ötürü ABS filament kullanılmasına karar verilmiştir.

Boyut olarak büyük çaplı dron şaseleri, temel parçalar dışındaki mekanizmaların taşınması için; küçük çaplı dron şaseleri ise manevra kabiliyeti yüksek dronlar için uygundur. Yeterince hızlı manevra yapılabilmesi ve görev mekanizması yerleştirilebilmesi için Saka'nın şasesinin 510 mm'lik boyutta tasarlanmasına karar verilmiştir. Bu boyut, motorların konumlarıyla oluşan en büyük dairenin çapını temsil etmektedir.

Kol sayılarına göre incelendiğinde, fazla kola sahip dronlar havada daha stabil hareket etseler ve daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olsalar da kullanılan yapı malzemesi miktarının, motor ve ESC sayılarının fazla olmasından ötürü az sayıda kol bulunduran dronlara göre daha maliyetli olmaktadır. Gerçekleştirilecek görevler ve taşınacak yük miktarı göz önünde bulundurulduğunda Saka'nın dört kollu olarak tasarlanmasının taşıma kapasitesi bakımından yeterli, mali açıdan ise daha uygun olacağı düşünülmüştür.

### b. Mekanik Sistem Tasarımı

Saka; kollar, merkez ve iniş takımı olmak üzere üç ana bölümden oluşacaktır.

Saka'nın kolları, karbon fiber kare profillerden oluşup 3D yazıcıda bastırılacak gövdedeki çıkıntılardan vidalanmak suretiyle merkeze bağlanacaktır. Kullanılacak kare profillerin düz yüzeyi motorların doğrudan kollara monte edilmesine imkân sağlayacaktır. Motorlara bağlı ESC'ler ise merkeze doğru uzanacak şekilde plastik kelepçeler ile kollara bağlanacaktır.



Şekil 2. Saka'nın yandan ve üstten görünümünü temsil eden çizimler.

Merkezde bulunan yapının tek parça halinde 3D yazıcıdan bastırılması planlanmaktadır. Bu yapının içi, kullanılacak elektronik bileşenlerin kolaylıkla yerleştirilebileceği katlardan oluşacaktır. Gövdenin üst yüzeyinde belirlenen uçuş kontrol kartı, GPS modülü, RC alıcı, alıcıya bağlı PPM (Pulse Position Modulation) encoder ve telemetri modülleri bulunacaktır. Bir alt katta doğrudan bataryaya bağlı olan akım kesici, sigorta, güç modülü, su pompası için motor sürücüsü ve PDB (Power Distribution Board) bulunacaktır. Bu katta, bataryadan güç sağlayacak güç modülü ve motorlara gücü iletecek ESC'ler lehimlenerek PDB'ye bağlanacaktır. PDB'nin altındaki katta ise batarya ve görev bilgisayarı ile motor sürücüsüne gerekli voltajı sağlayacak olan voltaj regülatörleri bulunacaktır. Saka'nın gövdesinin alt yüzeyinde ise görev bilgisayarı, görev bilgisayarına bağlı kamera modülü ve görev mekanizmasının diğer elemanları (su haznesi, step motor ve su pompası) bulunacaktır.

İniş takımı, dört adet bacadan oluşup bu bacakların 3D yazıcıdan bastırılması planlanmaktadır. Sakanın, iniş ve kalkışlarda, devrilmesini önlemek amacıyla bacakların motorlara yakın bir şekilde doğrudan kollara bağlı olmasına karar verilmiştir.

### 2.3 Görev Mekanizması

Bu kısımda, Saka'nın ikinci görevi gerçekleştirmesi için gereken görev mekanizmasından ve bu mekanizmanın çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir.

Görev mekanizması iki kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlardan ilki, görüntü işleyerek su bırakma alanını tespit edecek olan görev bilgisayarı ve kameradan oluşmaktadır. (Görev mekanizmasındaki elektronik ekipmanlar için bkz. 2.4). Saka, görev bilgisayarına yerleştirilen algoritmaları doğru zamanda çalıştırarak mekanizmanın ikinci kısmını devreye sokacaktır.

Mekanizmanın ikinci kısmı, suyu havuzdan hazneye pompalayacak ve kırmızı alana ulaşılması halinde suyu boşaltacak sistemden oluşmaktadır. İHA'ların su havuzuna motorlar duracak şekilde iniş yapması yasak olduğundan güvenli bir yükseklikten suyun alınması gerekmektedir. Dolayısıyla Saka, havuz üstüne ulaştığı anda gerekli irtifaya alçalarak sarkan su pompasına çalışma komutu verecektir. Ayrıca su taşması veya basınç oluşumuna karşı acil

Haznedeki suyun kırmızı alana boşaltılması için su haznesinin tepesine yerleştirilecek step motor tarafından kontrol edilen bir kapak kullanılması planlanmaktadır. Görev mekanizması Saka'nın su boşaltma alanının üstüne ulaştığını tespit ettiği takdirde, step motora komut verilerek kapağın açılması ve suyun alana boşaltılması planlanmaktadır.



Bu bölümde, Şekil 4'teki ekipmanlar detaylı şekilde açıklanmıştır. 2.1'de yer verilmeyen (görev bilgisayarı vb.) elemanların ise tercih nedenleri ve özellikleri birlikte verilmiştir.



**a. Su Alım & Boşaltım Mekanizması:** Su alımında Tablo 4'ün verilen dalgıç su pompalarından QE30E modelinin kullanılması planlanmaktadır. JT80L, az güç tüketse de su basma yüksekliğinin düşük olması sebebiyle tercih edilmemiştir. Su boşaltımında ise, 2.3'te anlatıldığı üzere, boşaltım kapağını açması için bir adet step motor kullanılacaktır. 28-BYJ-48 redüktörlü çift kutuplu step motor, gereksinimleri rahatlıkla karşılayacaktır. Dalgıç motor L298N motor sürücü ile, step motor ise ULN2003A step motor sürücü ile kontrol edilecektir. Sürücüler görev bilgisayarına bağlanacaktır.

Dalgıç pompalar	Çalışma gerilimi (V)	Çalışma akımı (mA)	Akış hızı (L/dk)	Güç tüketimi (W)	Su basma yüksekliği (cm)	Kütle (g)	Fiyat (₺)
QR30E	10-14	380-420	4	4,2	280-320	50	55
JT80SL	2.5-6	130-230	1,7	1	40-110	30	15

Tablo 4. Farklı su pompalarına ait veriler.

**b. Görev Bilgisayarı:** Görev bilgisayarı; görüntü işleme algoritmasını çalıştırır, uçuş kontrol kartından ve sensörlerden (kamera, GPS, ivmeölçer, manyetometre, barometre vs.) veri alır ve bu verileri işleyerek aynı karta tekrar uçuş komutları yollar. Uçuş kontrol kartı ile görev bilgisayarı arasındaki iletişim, MAVLink protokolü ile sağlanır. Görev bilgisayarcının kameradan gelen görüntülerde OpenCV kütüphanesiyle su bırakma havuzunun anlık renk tespitini yapabilmesi ve DroneKit uygulama programlama ara yüzünü kullanarak uçuş kontrol kartına uçuş komutları yollayabilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda su alma ve bırakma işlemlerinde su motoru ve step motor da kontrol edebilmelidir. Tablo 5'te bu koşulları sağlayan cihazlardan Raspberry Pi 4'ün kullanılmasına karar verilmiştir. Pi, Nano'ya göre daha hafif, daha ucuz ve daha az güç tüketimine sahiptir.

Görev bilgisayarı	CPU	GPU	Kütle (g)	Fiyat (₺)	Güç (W)
Raspberry Pi 4	Quadcore Cortex A-72 1.5GHz	Yok	46	500	~7
NVIDIA Jetson Nano	Quadcore Arm 1.43GHz	128-Core Maxwell	246	1000	~10

Tablo 5. İki farklı görev bilgisayarcına ait veriler.

**c. Yer İstasyon Yazılımı:** Uçuş kontrol kartının sensörleriyle aldığı verilerin (irtifa, batarya yüzdesi, yunuslama, sapma ve yuvarlanma açıları vs.) yer istasyonunda gözlemlenebilmesi için gereken yazılımdır. Popüler seçenekler QGroundControl ve Mission Planner'dır. Kullanım kolaylığı ve Windows üzerinde çalışabilmesi sebebiyle Mission Planner tercih edilmiştir.

**d. Uçuş Kontrol Kartı, Yazılımı ve Sensörler:** 2.1'de tercih edilen Pixhawk ve uçuş kontrol yazılımı ArduPilot, Saka'ya kullanıcı dostu bir otonom uçuş özelliği kazandıracaktır. Böylece Saka; otonom kalkış, otonom görev yapma, otonom iniş ve arıza güvencesi (Failsafe) özelliklerine sahip olacaktır.

ArduPilot'un uygun uçuş modları ve Raspberry Pi'dan DroneKit aracılığıyla gönderilen MAVLink mesajlarıyla görevler gerçekleştirilecektir. Kullanılan yazılımların tamamının açık



kaynaklı olması sebebiyle süreç içerisinde ihtiyaca göre değişiklikler yapılabilecektir.

**e. Güç Sistemi:** Güç modülü (power module), LiPo batarya, voltaj regülatörü, akım kesici ve sigortadan oluşur. LiPo batarya tüm sisteme güç sağlar. Güç modülü batarya ile uçuş kontrol kartı arasındaki stabil güç aktarımını sağlar ve bataryanın voltaj & akım değerlerinin ölçülebilmesini sağlar. Akım kesici ve sigorta ise sistem güvenliğini sağlar. 2.1’de belirtilen ekipmanlar gereksinimleri karşılamaktadır.

**f. RC Kumanda ve Alıcı Modülü:** 2.1’de tercih edilen modül, 20dBm radyo frekans gücü ve ~500m menziliyle görevleri rahatlıkla gerçekleştirebilecektir.

**g. Telemetri:** Uçuş kontrol kartı ve yer kontrol istasyonu arasındaki haberleşme, MAVLink protokolü kullanılarak telemetriyle gerçekleştirilecektir. 2.1’de tercih edilen ve ~1.5km menzile sahip 3DR 433Mhz telemetri, proje için uygun bir tercihtir.

**h. ESC:** Elektronik hız kontrolcüler, motorların hızını dolayısı ile itkilerini düzenleyen ekipmanlardır. 2.1’de seçilen *SkyWalker ESC*, 50Hz-432Hz sinyal yenileyebilme hızına sahiptir ve uçuşu başarıyla gerçekleştirebilmek için yeterlidir.

## 2.5 İtki ve Taşıma Hesapları

Bu bölümde, Saka’nın bileşenleri, tahmini toplam kütlesi, dengesi ve kullanılan malzemelerin güç tüketimi ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir.

Bileşenler	Seçimimiz	Adet	Adet Kütlesi (gr)
Şase	3D Yazıcıdan Basılmış Gövde ve Karbon Fiber Profilden Kollar	1	760 (Tahmini)
Motor	Sunnysky X4103S 480Kv Fırçasız Motor	4	114
ESC	Hobbywing XRotor 40A Opto Drone ESC 2-6S	4	27
Batarya	Gens ACE 6000mAh 35C 6S1P LiPo Batarya	1	798
Pervane	1 Çift APC Tip 13x4 Karbon Fiber Pervane	2	32
GPS + GPS çubuğu	Radiolink Se100 M8n GPS	1	53
Güç Modülü	APM 2.5 2.6 Güç Modülü XT60	1	25
Telemetri Modülü	3DR Radyo Telemetrisi 433MHz	1	19
RC Alıcı + PPM Encoder	Flysky FS-İA10B 2.4Ghz 10 Kanal Alıcı	1	25
Uçuş Kontrolcüsü	Radiolink Pixhawk 1	1	60
Görev Bilgisayarı + Kasası	Raspberry Pi 4 + Kasası	1	96
Kamera	Raspberry Pi 4 Uyumlu RPi Camera V2	1	15
Sigorta + Akım Kesici	150 A Sigorta ve Kutusu + Akım Kesici	1	110
Voltaj Regülatörü 1	Çift USB Çıkışlı 5V 3A Regülatör	1	17
Voltaj Regülatörü 2	Ayarlanabilir 3A Voltaj Düşürücü Kartı - LM2596	1	20
Motor Sürücü	L298N Motor Sürücü Kartı	1	25
Step Motor + Sürücü Kartı	28 BYJ-48 Redüktörlü Step Motor ve ULN2003A Sürücü Kartı	1	38
Su Pompası	Fırçasız Mini Su Pompası - QR30E	1	50
Su Haznesi + 350 ml su	Huni Şeklinde Hazne ve Su	1	500 (Tahmini)
		<b>Toplam</b>	<b>3240 (Tahmini)</b>

*Tablo 6. Bileşenler ve kütleleri.*

Saka’nın gövdesinde bulunduracağı bileşenler Tablo 6’da listelenmiştir. Bu bileşenlerin Saka’nın kütle merkezini geometrik olarak merkezde tutacak şekilde konumlandırılmaları oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle bileşenler 2.3’te belirtildiği şekilde katlara



yerleştirilirken birbirlerine göre konumlarına da dikkat edilerek kütle merkezinin kaymamasına özen gösterilecektir.

Yapılan araştırmalar sonucunda dronların stabil bir uçuş için ağırlıklarının yaklaşık iki katı kadar itkiye ihtiyaç duyduklarına ulaşılmıştır. Tahmini olarak yaklaşık 3240 gr kütleyle sahip olacağı düşünülen Saka, dört motorlu bir itki sistemine sahip olacağından ağırlığının iki katı itkiyi sağlayabilmek için motor başına 1620 gramlık itkiye ihtiyaç duyacaktır. Seçilen Sunnysky marka 480 Kv'lık fırçasız motor, 2.1'de tercihi belirtilen batarya ve pervane ile ihtiyaç duyulan itki miktarını karşılayabilmektedir.

Pervane Boyutu (inch)	Voltaj (V)	Akım (A)	İtki (gr)	Güç (W)
13x40	22.2	5	830	111
		6	980	133.2
		7	1110	155.4
		8	1210	177.6
		9	1310	199.8
		10	1440	222
		11.7	1620	259.74

*Tablo 7. Sunnysky X4108S 480 Kv fırçasız motora ait veriler.*

Tablo 7'den de görüleceği üzere motorların her biri 1620 gramlık itki için 11.7 amperlik akım çekecektir. Dört motorun çekeceği toplam akım ise 46.8 amper olacaktır. Ana bataryaya bağlanacak uçuş kontrolcüsü ve ona bağlı diğer bileşenlerin güç tüketimi, motorlara göre oldukça düşük olacağından göz ardı edilebilmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalarda LiPo bataryaların en fazla %85 oranında deşarj edilmesinin önerildiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla sadece motorların 6480 gramlık itki için çekecekleri maksimum akım miktarı ele alındığında 6000 mAh kapasiteye sahip bataryanın %85 deşarjı ile **minimum uçuş süresi yaklaşık 6.5 dakika** olacaktır  $(((6 \text{ A}) \cdot (60 \text{ dk}) \cdot (\%85)) / (4 \cdot 11.7 \text{ A})) = 6.54 \text{ dk}$ . Saka'nın havada sabit kalacak kadar itki için akım değerleri ele alındığında (yani her motor 810 gramlık itki oluşturacak şekilde yaklaşık 5 amper akım çektiğinde) **maksimum uçuş süresi yaklaşık olarak 15 dk** olacaktır  $(((6 \text{ A}) \cdot (60 \text{ dk}) \cdot (\%85)) / (4 \cdot 5 \text{ A})) = 15.3 \text{ dk}$ . Saka, bataryadan sürekli olarak maksimum akım çekmeyeceği için belirlenen minimum uçuş süresinden daha fazla, manevra yapması gerektiği için ise maksimum uçuş süresinden daha az havada kalacaktır. Elde edilen süre aralığı ise Saka'nın belirtilen görevleri yerine getirmesi için yeterli olacaktır.

Uçuş kontrolcüsünün ve uçuş kontrolcüsüne bağlı bileşenlerin çektiği akımlar ve güç tüketimleri Tablo 8'de gösterilmiştir.

Bileşenler	Çekilen Akım (mA)	Güç Tüketimi (W)
Pixhawk	175	2-2.5
GPS	55	
Telemetry	35	
Güvenlik Düğmesi	10	

*Tablo 8. Uçuş kontrolcüsü ve ona bağlı bileşenlere ait akım-güç tüketimi değerleri.*

Ayrıca ikinci görev için kullanılacak görev bilgisayarı ve su pompasının akım-güç tüketimi verileri Tablo 9’da verildiği gibidir.

Bileşenler	Çekilen Akım (A)	Güç Tüketimi (W)
Raspberry Pi 4	1.5-3	~7
Fırçasız Mini Dalgıç Su Pompası - QR30E	0.38-0.42	~4.2

Tablo 9. Görev bilgisayarı ve ona bağlı su pompasına ait akım-güç tüketimi değerleri.

## 2.6 Görsel Tasarım Konfigürasyonu

Bu bölümde Saka’nın kavramsal tasarımına ait görseller paylaşılmıştır.



Şekil 5. Tasarım konfigürasyonuna ait çizimler.